

大屯火山群潛在岩漿庫研究：微震監測之初步結果

林正洪^{1,2}

(收稿日期：2004 年 10 月 28 日；接受日期：2004 年 12 月 7 日)

摘 要

根據過去的地質調查顯示，雖然大屯火山群已經沉寂長久，但是地表地熱活動還是很明顯，故大屯火山群是否復活的可能性，不僅是一個值得研究的科學問題，更關係大台北附近民眾的生命財產安全。本研究利用五個地震站所組成之小型微震網，來觀測陽明山國家公園內，七星山附近之微震活動。經由仔細地分析每一測站連續之地震記錄，於七星山及大油坑附近之最上部地殼中，觀測到許多微小的地震活動。而且在這些微震中，並發現有少許的群震現象，即有些微震常同時發生於很集中之小地區內。此外，仔細比較每一測站每天之連續地震記錄，也發現有異常的連續地動訊號。雖然依目前之地震資料，無法清楚地判識這些群震現象與異常訊號之來源，但其特徵卻與一般火山地區之岩漿或熱水活動相似，故很值得作更進一步之探討與研究。

關鍵詞：大屯火山群，地震監測，岩漿庫，微震分佈，群震，連續地動

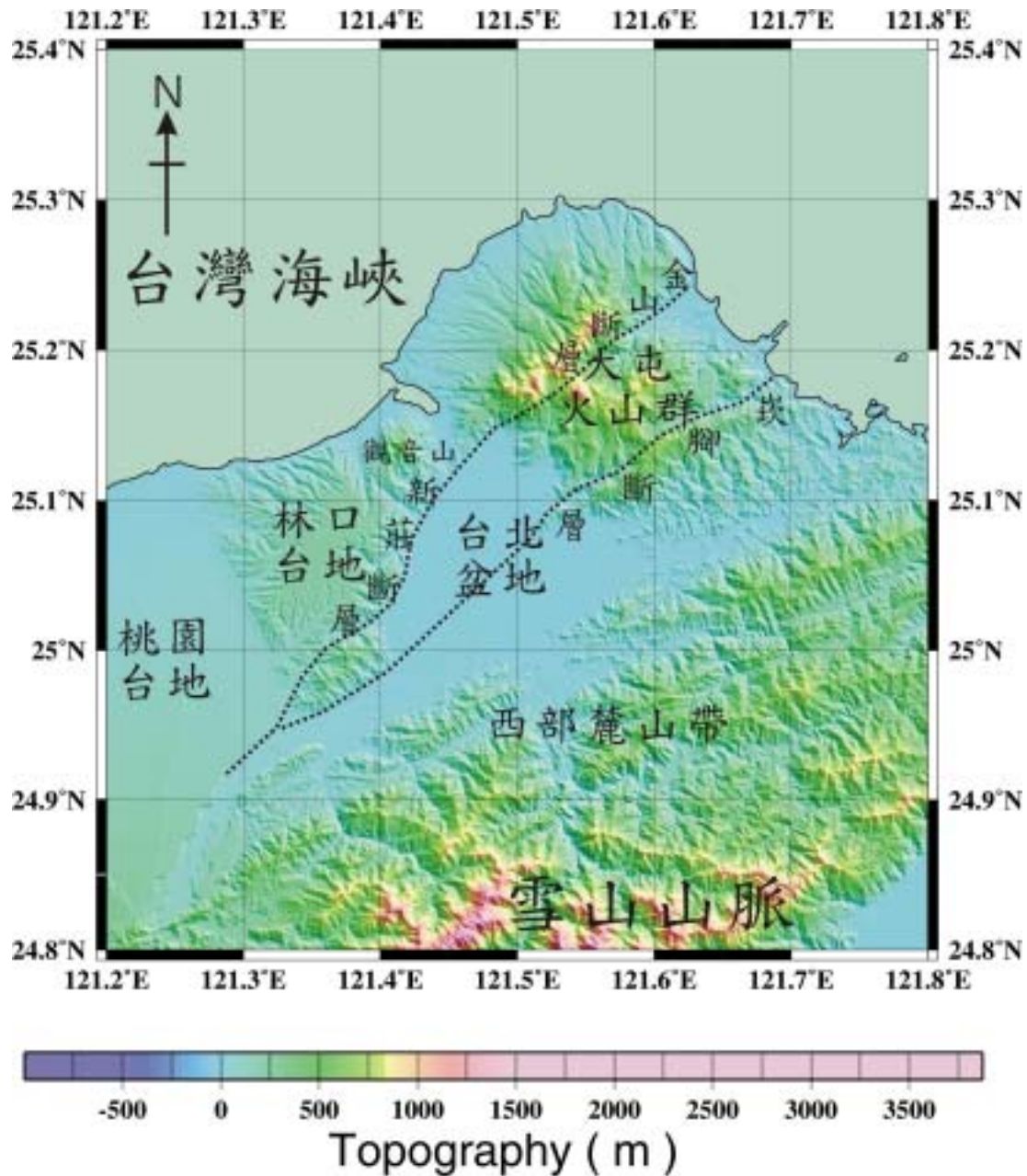
一、背景與目的

大屯火山群是位於台灣島的最北端，它正處於台北盆地的正北方(圖一)。大屯火山群之分佈範圍，東南以崁腳斷層與漸新世沉積岩相隔，西南以淡水河與更新世台地分開，北面臨台灣海峽，大約涵蓋 250 平方公里面積。大屯火山群也是台灣北部火山活動的中心位置。其四周還有相鄰的火山，東為基隆火山群，西南為觀音山，東北外海還有一群火山小島(如花瓶嶼、棉花嶼及彭佳嶼等)。

大屯火山群有二十幾座火山，主要包括有竹子山、嵩山、小觀音山、菜公坑山、烘爐山、面天山、向天山、南大屯山、大屯山、紗帽山、七星山、七股山、內寮山、大尖山、大尖後山及磺嘴山等。大屯火山地區有一條東北—西南走向的主要斷層通過，即為金山斷層，其通過竹

1. 中央研究院 地球科學研究所。
2. 通訊作者。

子山、小觀音山、和大屯山(圖一)。而金山斷層往西南可連接至台北盆地西側的新莊斷層或山腳斷層。大屯火山群的火山活動噴發物覆蓋在中新世沉積岩上，火山體沿著東北-西南走向的金山斷層兩側分佈，據推測火山活動與金山斷層活動有關(Yen et al., 1984)。



圖一. 台灣北部之地形與主要地質構造區。金山斷層及山腳斷層之位置以點線代表之。

大屯火山群的噴發歷史，主要根據 K-Ar 定年(Juang and Bellon,1984; Tsao,1994)，及核飛跡定年(Wang and Chen,1990)資料可知。基本上，大屯火山群的主要火山活動可分為兩個階段。第

一階段大約在二百八十萬年左右開始。在二百五十萬年時，原始大屯山亦有活動，後來靜止一段相當長的時間。第二階段於九十萬年又開始活動，在七十萬年時，大屯火山群幾乎各亞群均有噴發，至三十萬年以後，整個大屯火山群的火山活動便慢慢地趨向停止。

地球科學家一般認為台灣北端火山群是琉球火山弧的西延(Chen, 1983, 1990 及 Teng et al., 1992)。也就是說大屯火山群主要可能生成原因，是因為菲律賓海板塊向西北隱沒，所生成一系列的琉球火山弧，而台灣北端的火山活動正是在其最西端。然而，最近的地球化學資料也顯示，台灣北端火山群與真正琉球火山弧的產物並不相同(Chen et al., 1994 及 1996)，因此我們可能需要重新思考大屯火山群是否為琉球島弧的一部份。取而代之，根據大地構造應力的研究指出(Suppe, 1984)，由於呂宋島弧與歐亞大陸碰撞，使台灣北部大地應力場在更新世晚期由擠壓轉變為擴張。台灣北端的火山活動可能是因張力陷落造成正斷層，而後岩漿沿著斷層裂縫湧出所產生的火山活動(Yen et al., 1984; Song et al., 1992)。如果這些看法是比較接近事實的話，在研究大屯火山群是否有再活動的可能性時，需要特別留意整個區域是否還在繼續擴張中。火山形成的機制如果還繼續存在，再次的活動機會就無法排除了。

根據最近的地質調查顯示，大屯山最近的一次噴發大約是一、二十萬年前(Song et al., 1996)。雖然這意味大屯火山群已經沉寂長久，但是地表地熱活動還是很明顯。此外，根據噴氣所含氫同位素之最近分析研究(楊等, 1999)，顯示部分噴氣來自岩漿源，這強烈的暗示台灣北部地底下依舊存在有岩漿庫之可能性。故大屯火山群是否復活的可能性，不僅是一個值得研究的科學問題，更關係大台北附近民眾的生命財產安全。

二、過去地震觀測研究

利用科學方法瞭解火山體地下物質、情況的途徑有很多種。根據日本、美國、紐西蘭和菲律賓等國家，監測火山活動的經驗得知，除了地表的地質調查、溫泉水成份分析、氣體採集分析、岩石礦物定年研究外，利用地球物理的方法(如微震觀測、震波測勘、重力、磁力測量、電磁波測勘、大地電阻法等)，推估地下構造也是近年來常被採用的方式。因為火山如果復活，其岩漿流動必然會產生火山性的地震，也可能會改變地形、重力、地磁場、及地熱氣和溫泉水中化學物質的濃度。其中為了瞭解地下岩層的物理性質，利用火山地區之地震活動資料，所獲得震源時空分佈與速度構造特性，並配合其他相關證據解釋，可以幫助我們了解大屯火區淺部地殼的地熱分佈、地下火成岩體的範圍、破裂岩層與融熔物質等。

大屯火山區地動監測與調查，最早始於民國 69 年，由中國石油公司探採研究中心，委託當時的中央研究院地球科學研究所籌備處(余等, 1980)，以南起新北投、北至金山，以具有明顯地熱徵兆的狹長區塊為中心，設立了 13 高靈敏度的臨時測震網。經過了 35 天的完整記錄，觀測到了 131 個微震活動，其規模介於 0 ~ 2.1 之微震。幾乎所有的地震都發生在紗帽山、燒庚寮、三重橋、磺嘴山之間東北向的狹長地帶。陳(1985)利用該地震網的收到的地波到達震時間項，並配合重力頻譜分析，亦對大屯火山區的地殼構造速度分層作了相關研究，並歸結出在 1.3 公里深的地方有一密度不連續，而 2.7 公里為花崗岩質層頂的平均深度。由於受到斷層影響，大體上由東南向西北漸深，而於兩斷層間形成凸區，且此區以馬槽為中心有一慢速薄層。

民國 76 年 8 月到 10 月間，中央研究院地球科學研究所再度以金山斷層、大屯火山群為研究對象，設了 12 個臨時測震站(Chen and Yeh, 1991)，在為期大約兩個月的觀測中，總共蒐集了 223 個地震，大部分震源深度淺於 10 公里，將其震源深度繪於與金山斷層垂直的剖面，發現地震的發生應與大屯山及七星山的地熱活動有關，分析其斷層面解亦發現多為正斷層型態。

民國 85 年到民國 90 年間，為了解大屯火山群火山活動的可能性，由美國系統科技工程公司，再次委託中研院地球所及中央大學，進行包括微震、地殼變動、重力、磁力及地球化學等項目之監測研究。其中微震研究再次說明，該地區之地震活動大多數是位於大屯山之東南側地區(葉等, 1999)，而大屯火山地區正下方之地震活動較小。由震源深度剖面圖約略可見一個往東南傾斜之地震帶，其傾角約 45° 左右，震源深度分佈約從 2 公里到 7 公里。雖然此東南傾斜之地震帶特性與金山斷層相似，但由於目前金山斷層之傾角並不清楚，故兩者間很難作進一步之解釋。

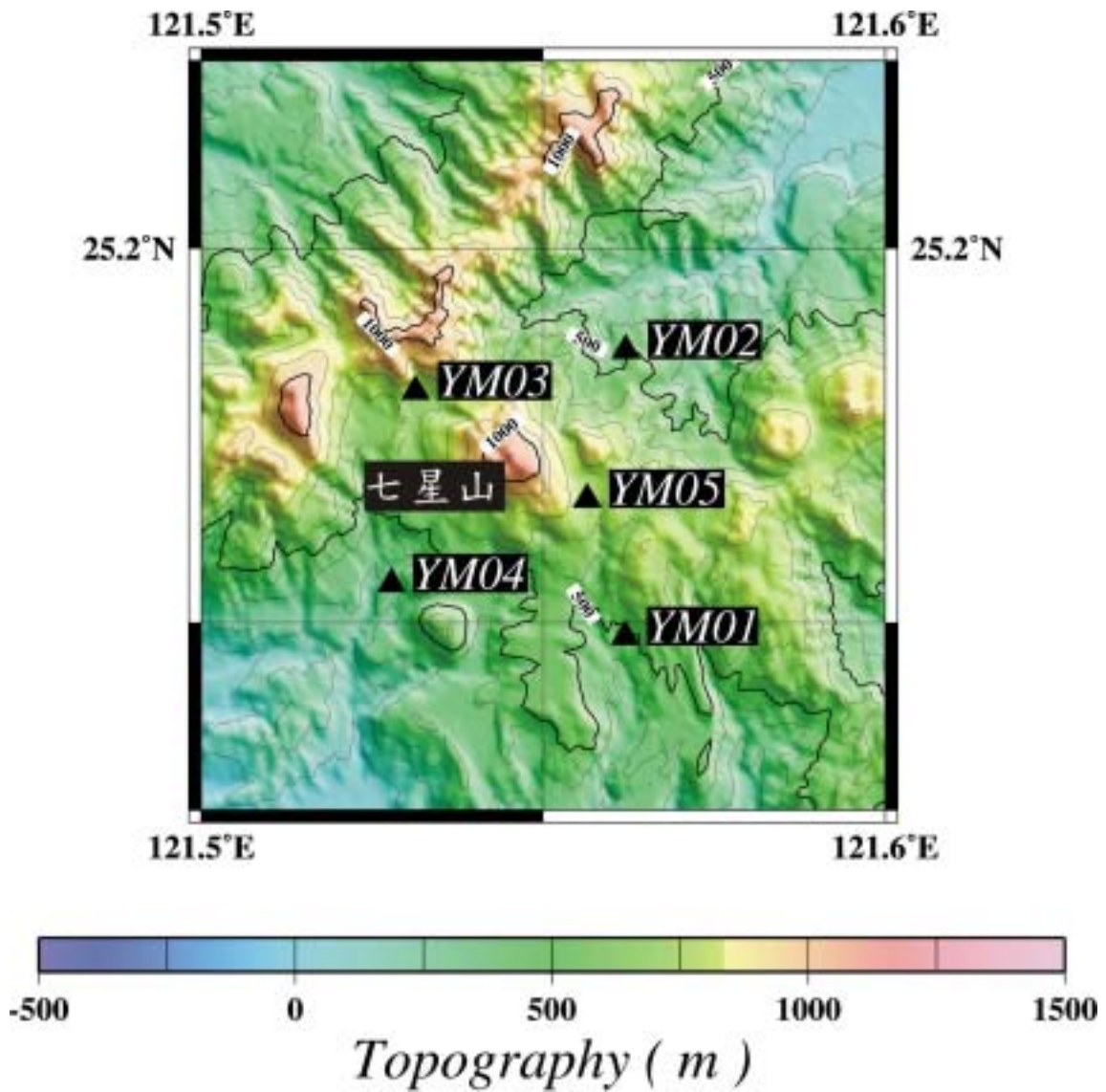
三、地震觀測網

本研究之測震網以監測大屯山地區火山活動所引起的地震為主要目的。為能蒐集微小之地震波信號，並連續觀測該地區之地震活動，測震網採用高解析度的數位式地震記錄器，並以高效能的資料擷取系統作分析研究。本研究所架設的臨時地震觀測網中之感應器(Sensors)有兩種，一為短週期三向量速度型感應器，另一為中長週期三向量速度型感應器。野外測站所選用的地震記錄器為日本東海測震公司發展，其主要功能在將感應器的地動信號數位化，具有 24 位元的解析度，取樣率最高可達 250 次/秒。地震記錄與資料處理系統，包括三組磁碟陣列、數台個人電腦(PC)及兩個工作站(SUN-workstation)來進行地震資料之分析研究。

本研究首先目標為建立一個小型地震觀測網，先利用五個地震儀，來測量微小地震的時空分佈，並試圖由記錄之地震波型，辨識地震震源之種類，是否包括有岩漿活動造成之地震。主要工作包括規劃、儀器和電腦軟體的安裝與測試、發展儀器和電腦軟體操作的程序等工作。

(1) 微地震站之選定

地震站之選定是最重要且耗時之工作。由於主要大屯火山區屬於陽明山國家公園保護管理範圍，相關的法令規定、土地之地目與電力配線等限制必須優先考量。又因為地震觀測站是以觀測微地震為主，因此測站要儘量避免人為與自然界的干擾，以提高儀器放大倍率。在測站均勻分佈的原則下，我們先在地圖上，標示出可能設置地震站的位置，然後攜帶儀器前往測試。經過分析比較後，依交通、電力配線狀況，及雜訊的高低排列設站地點的順序。經過數個月的努力交涉，終於在地主和陽明山國家公園管理處的同意下，決定了竹篙嶺(YM01)、七股(YM02)、頂湖(YM03)、湖山(YM04)及冷水坑(YM05)等五個測震站。測震站分佈情形，基本上是以七星山為中心(如圖二所示)。測站相關的資料詳列於表一。



圖二． 陽明山國家公園內地形圖與地震觀測站分佈(三角形)。

表一． 大屯山地區微震測站相關資料

設站日期	站名	站碼	序號	緯度	經度	高度
92.5.13	竹篙嶺	YM01	323	25°08'47.0	121°34'12.8	488 m
92.5.13	七股	YM02	312	25°11'04.4	121°34'13.2	521 m
92.5.18	頂湖	YM03	325	25°10'44.8	121°32'22.5	702 m
92.5.16	湖山	YM04	313	25°09'12.2	121°32'09.8	401 m
92.6.2	冷水坑	YM05	316	25°09'52.9	121°33'52.8	740 m

(2) 測站平台

本地震觀測網之測站大多數位於陽明山國家公園內，為遵照相關法令之規定，測站之建造以不破壞周圍環境為主要原則。儀器平台為一混凝土結構，其長寬各約 1.2 公尺，混凝土中鋪設有鐵絲網，以增強平台之承載能力。又為增加平台與土壤(或岩石)的附著力，減低兩者的互制作用，在建造平台時均先清理過表土，並預先植入數根長約 45 公分的不銹鋼棒。平台中預留兩個圓孔，其直徑約三十公分，以放置感應器，其深度都在 50 cm 以上。

(3) 測站站房與電源來源

站房使用型號 41-2 號的玻璃纖維護蓋(見圖三)，其大小不僅能放置地震記錄器、感應器及電磁設備等，並容許工作人員方便於站房作業。該護蓋並採取適當的措施，以改善通風和防雨的功能。電源部分則有二種供電方式，一是交流電源，是主要的電力來源，另一電力來源則是電池，主要功能是做為備用電力。



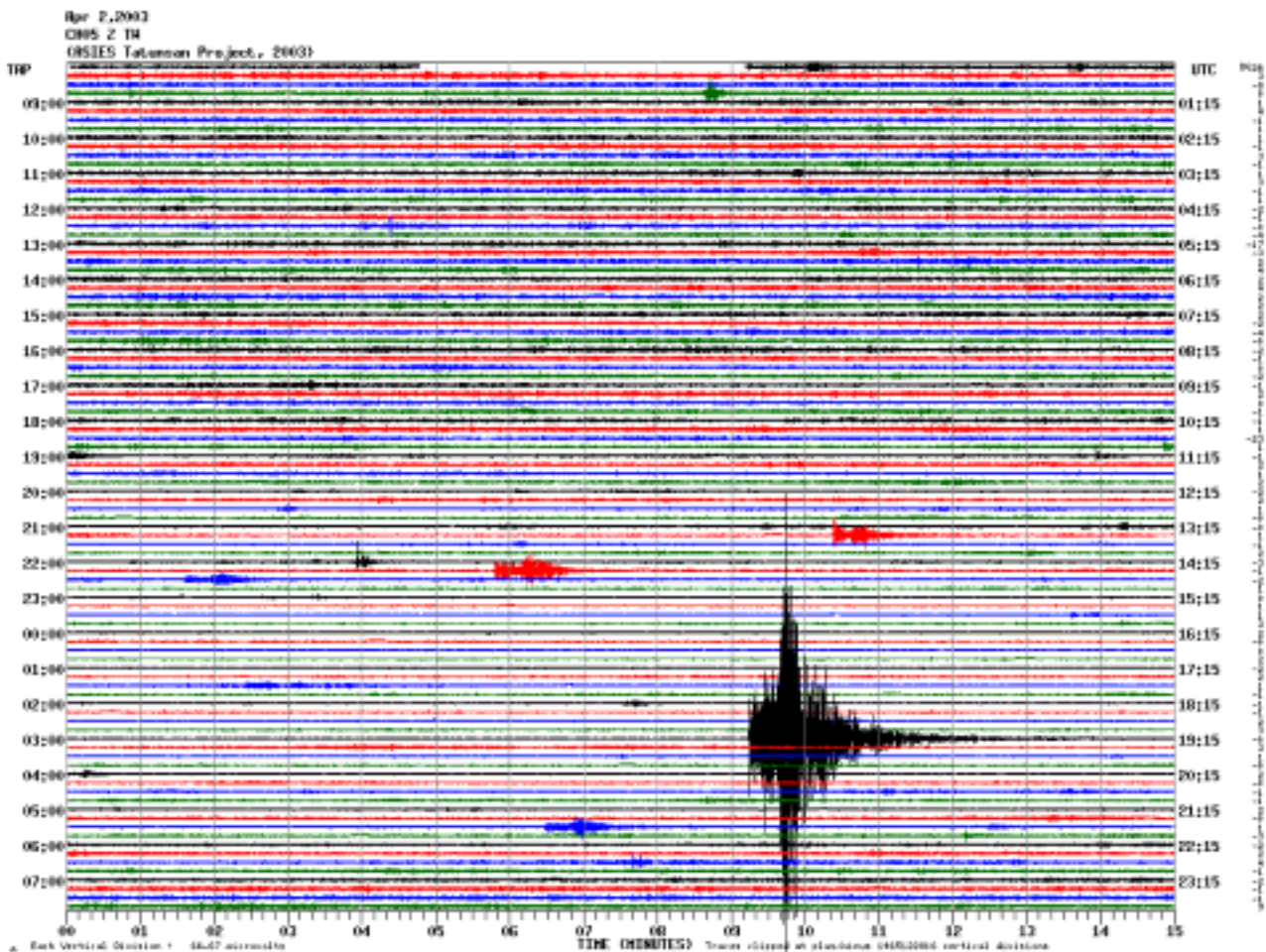
圖三. 大屯山地震網之竹篙嶺微震站 (YM01) 外觀。

四、資料處理

本研究的資料處理流程包括: (1)從連續資料，全日波形的 Z 方向波形圖中挑選可能為地震的訊號。再將所有的測站的波形資料中，摘取同一時間訊號，並轉換資料格式，以便進行地震波型分析。(2)利用套裝電腦軟體，來讀取每個地震在測震站記錄上的 P 波到達時間、S 波到達時間、P 波初動方向及地震總振動時間。(3)將每一地震在各測站所記錄之數據，輸入電子計算機程式，以計算各地震的發生時間、震央位置、震源深度及規模等。

(1) 地震訊號挑選與轉換

本研究的資料處理流程，先從將野外蒐集之磁碟中之連續地震資料，傳至個人電腦(PC)。然後利用電腦軟體，將每天連續地震資料整理儲存。利用全日波形的 Z 方向波形圖中(圖四)，挑選可能為地震的訊號，再將所有的測站摘取同一段時間訊號，並將各測站的波形資料，傳遞至工作站(SUN-workstation)，以便往後進行挑選 P 波、S 波的工作及地震定位。



圖四. 冷水坑微震站 (YM05) 於民國九十二年四月二日所記錄之垂直向地振動訊號。每一條記錄線為十五分鐘之地振動訊號。

(2) 地震訊號讀取

本研究直接利用電腦工作站上套裝電腦軟體(SAC)中所提供之程式(PPK)，來讀取每個地震在每一測震站記錄上的 P 波到達時間、S 波到達時間、P 波初動方向及地震總振動時間。由於地震資料為三向量數位記錄，此套裝軟體可提供合適的濾波、局部放大、及向量旋轉等非常有效資料處理步驟，選讀地震波到達時間時，P 波可精確至 0.01 秒。實際上之作業過程，所有 P

波、S 波及總振動時間，均直接從電腦螢幕來讀取。

(3) 地震定位原理

將每一地震在各測站所記錄之數據，輸入電子計算機程式，以計算各地震的發生時間、震央位置、震源深度及規模等。地震之定位以利用 P 波和 S 波到達之時間為主，我們採用李及納氏 (Lee & Lahr, 1972) 之電腦程式 (HYPO 71)，其可同時求得微震之發震時間、震央位置、震源深度、地震規模、震波自震源傳至各測站之方位角、離源角及震源距離等。其主要原理在逐步調整一假定之震源及發震時間，使震波到達時間之殘餘值 (觀測到達時間 - 理論到達時間) 趨於極小。當調整向量小於某一規定值時，其震源位置和發震時間即為所求。

(4) 速度構造

利用 HYPO71 程式計算震源位置，尚須給予地殼地震波速度的構造模式，本研究使用的模式是根據林與葉 (1989)，所求得之大屯山地區之地下構造，其一維的模式如表二。

表二. 大屯山地區的一維速度構造。

深度(公里)	P 波速度(km/sec)	S 波速度(km/sec)	Vp/Vs
-1.0~1.0	3.79	2.13	1.78
1.0~2.0	4.07	2.29	1.78
2.0~3.0	4.55	2.56	1.78
3.0~5.0	5.12	2.88	1.78
5.0~7.0	5.39	3.03	1.78
7.0~9.0	5.98	3.36	1.78
9.0~17.0	6.10	3.43	1.78
17.0~36.0	6.70	3.76	1.78
36.0 以下	7.80	4.38	1.78

地殼構造模式中的 S 波速度直接由 P 波速度除以 1.78 來獲得。由於各個測震站的標高不盡相同，故各測震站之地震波到達時間須作高度修正，其修正公式為

$$\delta t = \frac{H}{V}$$

式中 δt 為延遲時間修正量，H 為測震站標高，V 為表層岩石之地震波平均速度。本研究採用 3790 公尺/秒作為表層岩石的地震波平均速度。

本研究根據各測震站之震央距離和總振動時間資料，依 Lee et al. (1972) 之經驗公式來計算地震規模 (Md)，其公式為：

$$Md = -0.87 + 2.0 \log \tau + 0.0035 \Delta$$

式中 τ 為總振動時間（以秒為單位）， Δ 為測震站到震央的距離（以公里為單位）。一般總振動時間之估算是，從 P 波到達至地震尾波之振幅大小，為背景雜訊振幅大小之兩倍時為止。

五、結果與討論

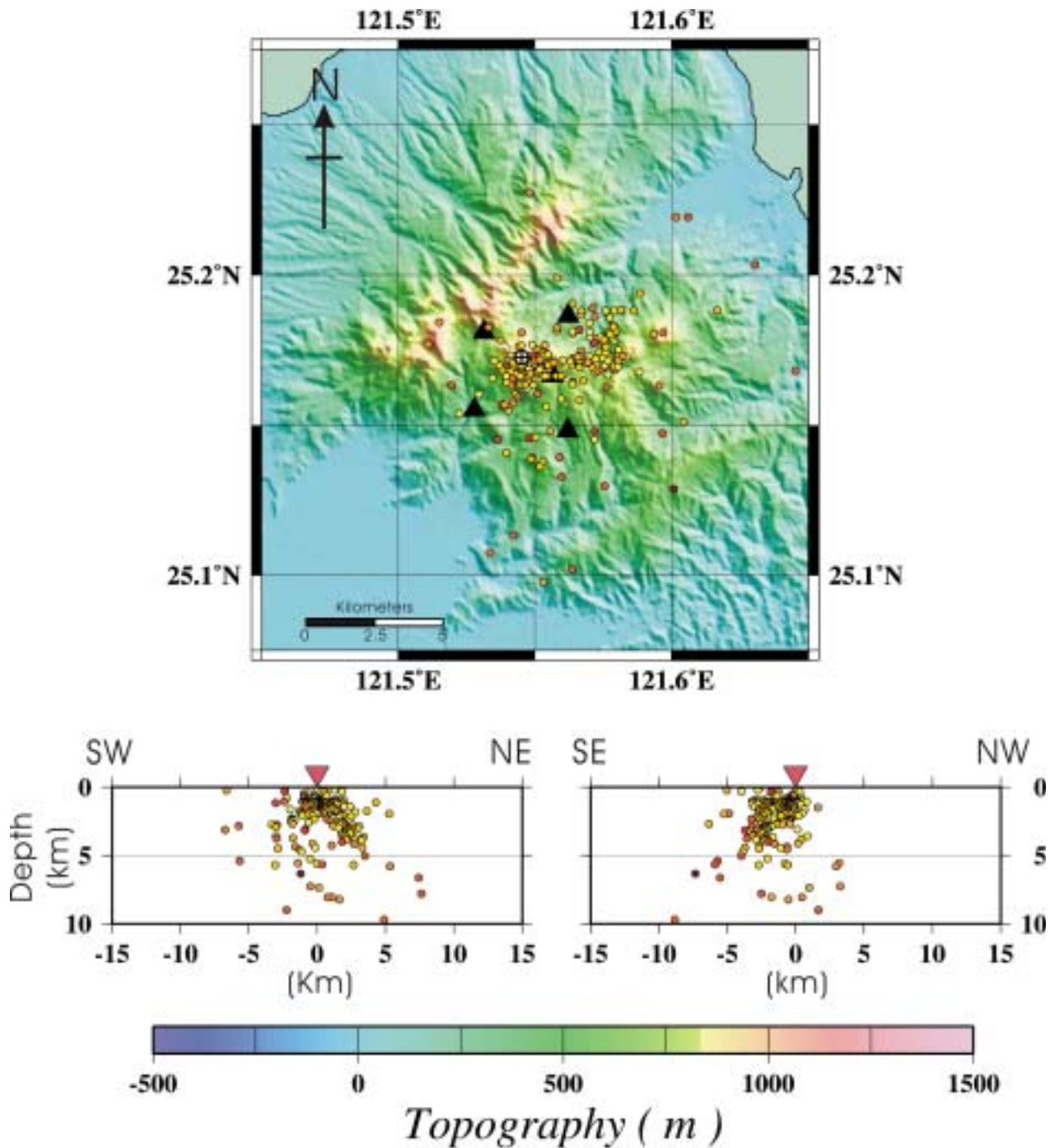
本研究目前僅利用 5 個地震站所組成之小型微震網，來監測陽明山國家公園內之微震活動。微震網設置基本上是以七星山附近為微震監測範圍（見圖五）。所以本研究所測得之微震，當然以七星山附近為主。也就是說，本微震網無法對遠離本小型微震網之地震完成定位工作。

(1) 微震空間分佈

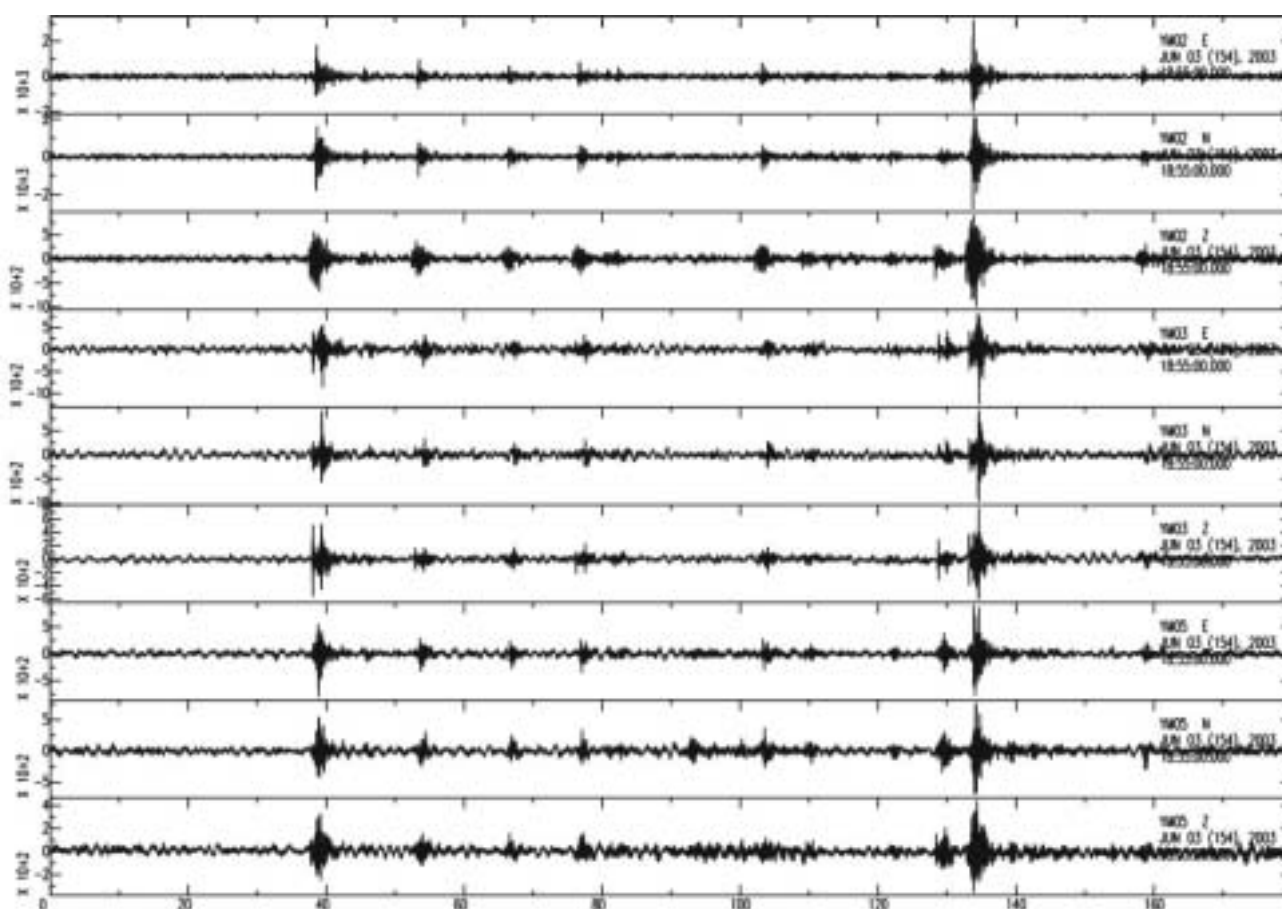
依據目前本研究所測得之微震活動，可明顯地發現，大多數微震活動範圍，分佈於微震網內及其東南側（見圖五）。大多數微震深度分佈範圍均小於 5 公里。其中，約略有兩群微震較為集中。第一群微震位於七星山下方，其深度僅約 1 至 3 公里。明顯地，此群微震屬於網內震，故其定位品質相當可靠。一般而言，這些地震之定位誤差量約在幾百公尺內。另一群位於大油坑附近，約略處於微震網之東側，其深度約 3 至 5 公里。由於此群微震恰處於小型網震網之邊界，雖其定位品質並不如第一群微震群可靠，但依舊保有相當可信度。

(2) 群震特性

除了微震之空間分佈外，仔細觀察連續地震記錄，驚訝地發現部份地震記錄，偶有連續發生微震的特性（如圖六）。例如民國 92 年 6 月 1 日 15 時 25 分的地震記錄中，每個微震站均可發現有幾個微小之地震訊號。此外，民國 92 年 6 月 3 日及 6 月 8 日均有類似之情形。經由仔細地定位分析後，發現這些微震大多數之震源均集中於兩處（如圖七），第一處是位於七星山之東北側，也就是七股與大油坑附近，其深度大約為 3 至 4 公里左右。另一處震源集中地區落於七星山正下方，其深度僅約 1 至 2 公里左右。這些在時間上與空間上集中分佈之微震，即代表著一般所稱之群震現象。雖然群震與一般所謂之餘震，在時空上均有集中之現象相同，但群震現象則無明顯的主震。換言之，餘震是指於主震後，在短時間內於主震附近，所發生之較小規模之地震群。反之，群震並無主震發生，但卻於特定區域內，所發生大小相近之地震群。兩者之構造背景與意義截然不同。一般而言，在火山地區或地熱活動較為明顯的地區，常會有群震現象。群震發生的主要機制，可能與火山地區岩漿或熱水活動有關。



圖五. 大屯山地區微震分佈(小圓圈)與地震站(正三角形)位置圖，七星山之位置以同心十字圓標示。下圖為以七星山為座標原點(倒三角形)之兩個互相垂直微震深度投影剖面，左邊為西南至東北剖面，右邊為東南至西北剖面。



圖六。民國九十二年六月三日另一群震之地震記錄。

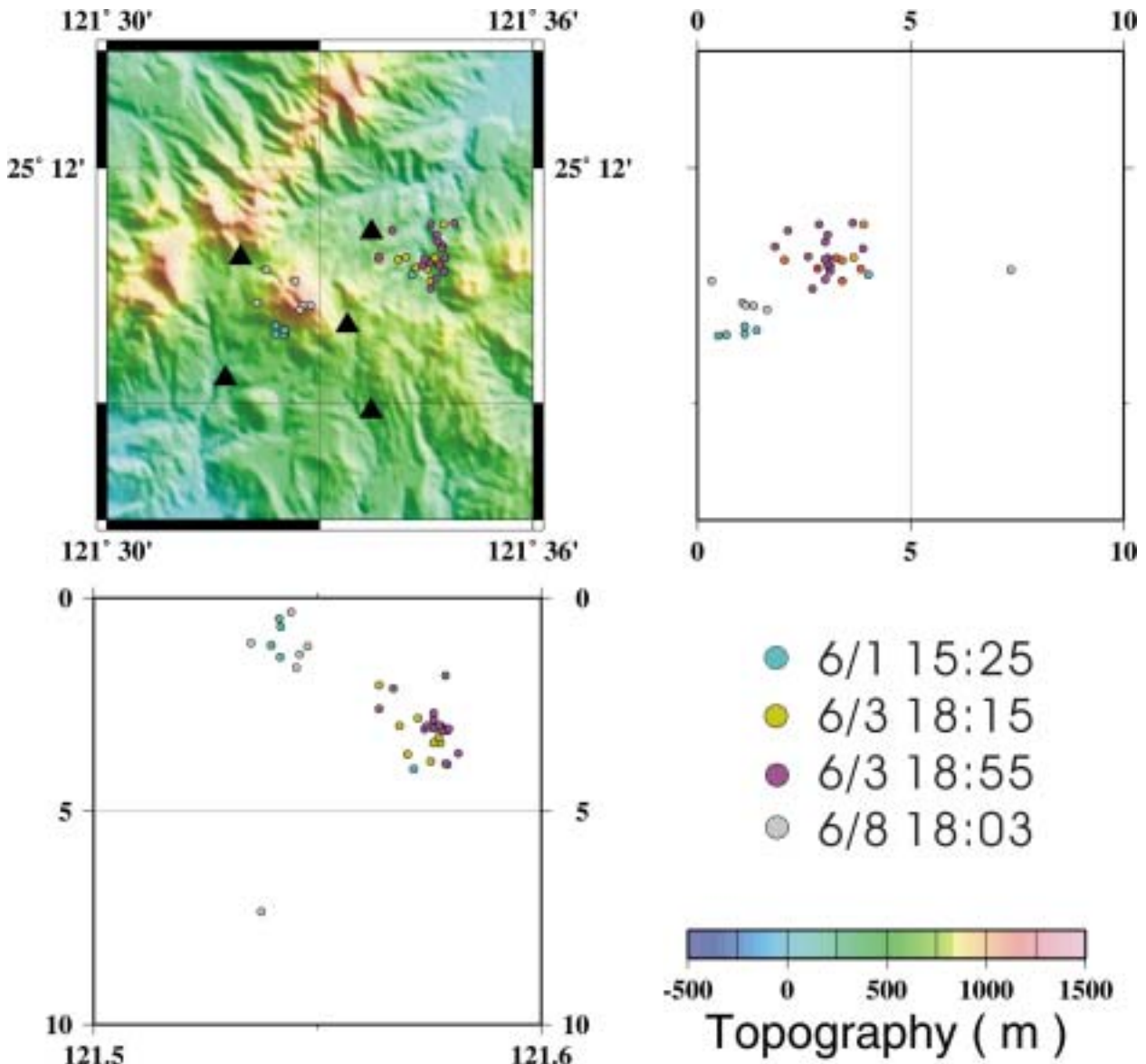
(3) 異常低頻訊號

本研究利用大容量的電腦硬碟所記錄之連續地震資料，除了能提供上述一般局部地區性的地震偵測外之功能外，連續地震記錄又可發揮其偵測振幅較不明顯之低頻，或連續性的其他可能訊號之能力。特別是在火山活躍地區，常有所謂較長週期之地動訊號，例如與岩漿活動有關之振動（Tremors）或單頻振盪（Harmonic vibrations）等。

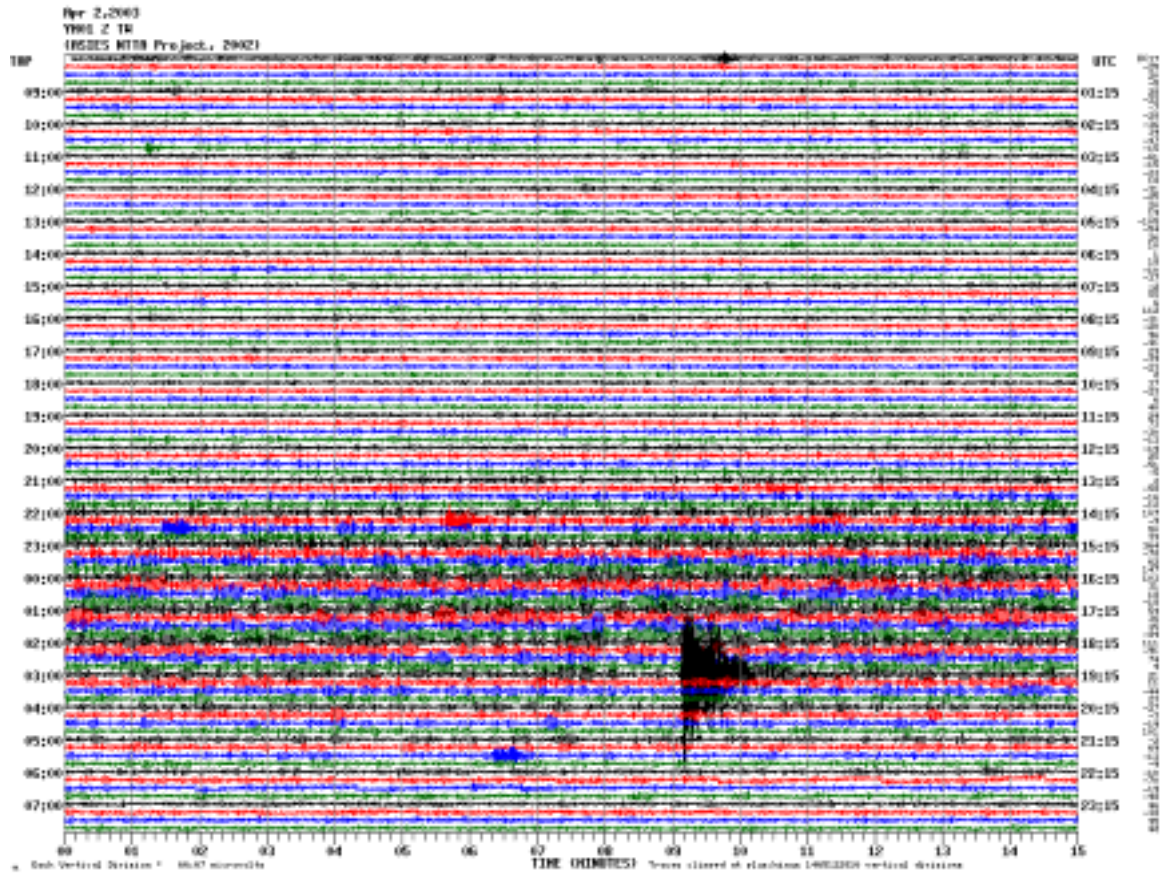
為偵測類似可能之振動，本研究從每一天的地震記錄中，經由仔細觀測每一測站之連續地震波型，發現少許的異常振動訊號（如圖八）。地震觀測網中之有些測站，可同時發現持續數小時的異常振動訊號。因為這些異常振動訊號，其主要振動時間有時後發生於半夜或凌晨時段，故基本上可排除了任何人為性之可能干擾源。本研究為瞭解此連續異常訊號之來源，亦分析其訊號頻譜。其結果清楚發現異常訊號之主頻落於 2-5 秒之範圍（見圖九）。

綜合上述地震網所觀測初步結果顯示，大屯山地區之七星山及大油坑附近有相當活躍的微震活動。並且有些微震常在短時間內，發生於很局部的小地區內，即所謂群震之特性。此外，有些地震站也觀測到少數的異常地振動現象。這些特性一般反應火山地區之液態物質作用有關，所謂液態物質可能是岩漿庫或熱水活動。根據過去地球化學有關氫同位素之觀測成果，也

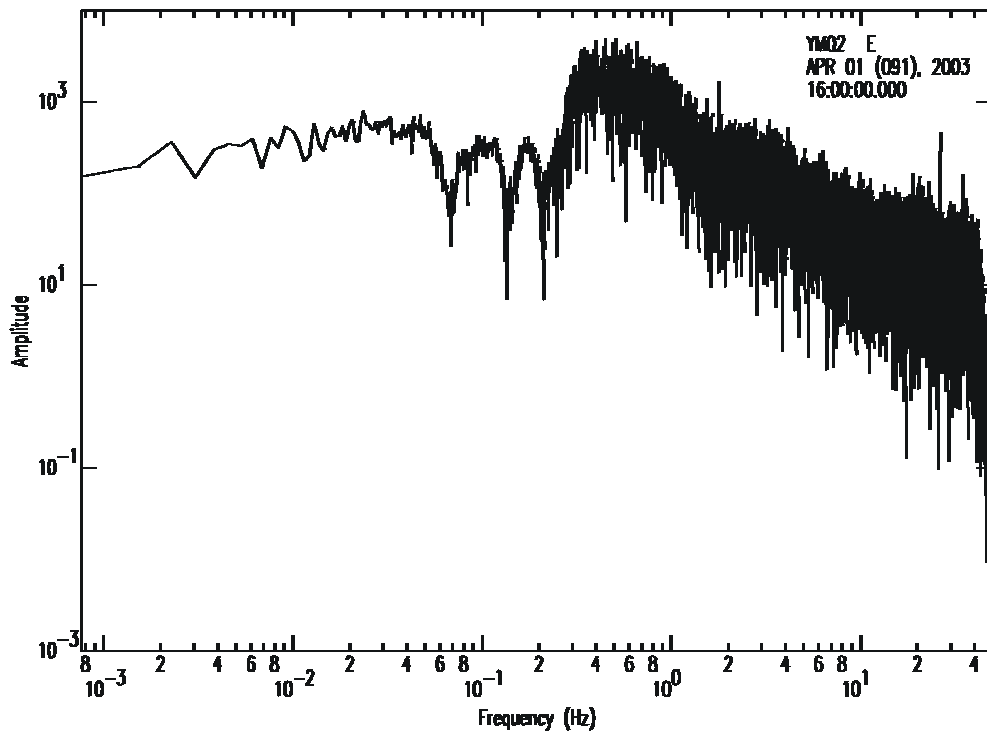
建議大屯火山群地底深處，存有岩漿庫之可能性。故建議政府相關部門，對大屯火山地區，能作長期連續性之監測與研究。此外，根據本研究所獲得的地震分佈，已經得知有部份微震活動恰落於微震網之東側邊緣地帶。若要提高這些微震定位之品質，建議於未來研究中，於微震網東側適當增加幾個地震觀測站，以提高大屯山地震網之偵測範圍與能力。



圖七. 群震震央(小圓圈)與測站(三角形)於七星山附近地區之分佈(左上)。群震投影至南北剖面(右上)及東西剖面(左下)之震源深度分佈。



圖八. 竹篙嶺微震站垂直向地振動訊號。



圖九. 異常連續振動訊號之頻譜分析

六、結 論

依據本研究設置之大屯山微震網所觀測之地震記錄顯示，陽明山國家公園內之七星山附近，有明顯的微震活動存在；且約略集中於七星山及大油坑附近，大多數之微震震源深度均小於五公里內。

分析連續地震記錄，並仔細地震定位後，更發現有些微震，常在短時間內發生於很小的地區內，這現象與一般火山地熱區所觀測之群震現象相同。

比較每日之連續地震記錄，常可發現有些不尋常的連續振動訊號。目前雖無法直接判識其振動之來源，但卻與國外其他火山地區，所觀測之岩漿相關活動類似。故很值得於未來研究，作更進一步探討。

七、誌 謝

本研究計畫能順利完成，首先感謝內政部陽明山國家公園管理處及行政院國家科學委員會，對本研究之經費與儀器設備全力支持。並感謝多位研究生(蒲辛杰、黃媛萍)及大專生(尤水輝、林郁梅、許家綺、邱怡禎、李涵瑜、何嘉華、許晉璋等)，先後曾參與大量地震資料之分析整理。

八、參考文獻

- 余水倍，蔡義本，胡錦城，林國安，1980. 大屯火山區微震及地動雜波之研究，探探研究彙報，中國石油公司，3，101~130 頁。
- 楊燦堯，1999. 陽明山國家公園大屯火山群之氬氣及其同位素地球化學之研究，內政部營建署陽明山國家公園管理處委託計畫。
- 陳朝輝，1985. 利用地震時間項和重力波譜分析法研究大屯火山區之地殼構造，國立台灣大學海洋研究所碩士論文，93 頁。
- 葉義雄，林正洪，顏宏元，劉啟清，劉忠智，1999. 大屯火山區地球物理監測研究，台灣電力公司委託計畫。
- Chen C. H., 1983, The geochemical evolution of Pleistocene absarokite, shoshonite and high-alumina basalt in northern Taiwan. Mem. Geol. Soc. China, 5, 85-96.
- Chen C. H., 1990, Igneous rocks in Taiwan. Central Geol. Surv., MOEA, 137pp.
- Chen C.-H. and Nakada S., 1994, Comparison of late Cenozoic basaltic magma generation in Ryukyu arc, Okinawa Trough and adjoining area (NW Kyushu, Japan and N. Taiwan). 1994 8th International Conference on Geochronology, 54.
- Chen C-H, Nakada S., Chen C. H., Mertzman S. A., 1996, An unusual volcanic zone behind the

southern Okinawa trough (back arc basin)- the western extension of the Ryukyu volcanic arc front?

- Chen, K.J., and Yeh, Y.H., 1991. Gravity and Microearthquakes Studies in the Chinshan-Tanshui Area, Northern Taiwan, TAO, 2, 1, 35~50.
- Ho C. S., 1982, Tectonic evolution of Taiwan explanatory text of the tectonic map of Taiwan. Ministry Econ. affairs, ROC. 126pp.
- Juang W. S. and Bellon H., 1984, The Potassium-argon dating of andesites from Taiwan. Proc. Geol. Soc. China, 27, 86-100.
- Lee, W.H.K., and Lahr, J.C., 1972. HYPO71: A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes, USGS Open file Rep., 100pp.
- Suppe, J., 1984, Kinematics of arc-continent collision, flipping of subduction, and back-arc spreading near Taiwan. Mem. Geol. Soc. china, 6, 21-33.
- Song S. R., Lo H. J., Chen C. H., Tsao S. and Yang J. J., 1992, cauldron formation and volcanic eruption of the Tatun volcanic group. 4th Symposium Quaternary of Taiwan, 45.
- Teng L. S., Chen C. H., Wang W. S., Liu T. K., Juang W. S. and Chen J. C., 1992, Plate kinematic model for late Cenozoic arc magmatism in northern Taiwan. J. Geol. Soc. China, 35, 1-18.
- Tsao S. J., 1994, Potassium-argon age determination of volcanic rocks from the Tatun Volcano Group. Bull. Central Geol. Surv., 9.
- Wang W. H. and Chen C. H., 1990, The volcanology and fission track age dating of pyroclastic deposits in Tatun volcano group, northern Taiwan. Acta Geol. Taiwanica, 28, 1-30.
- Yang T.F., Sano, Y., Ho, H.H., Shieh, P S, Liu, N.T. and Chen C.H. (1999), Variations of Helium isotopic ratios of gases from Tatun Volcano Group, N. Taiwan, Handbook of Annual Meeting of Geolo. Soc. China, 35-36.
- Yen T. P., Tzou Y. H. and Lin W. H., 1984, Subsurface geology of the region of the Tatun Volcano Group. Petrol. Geol. Taiwan. 20, 143-154.

Investigation of potential magma chambers beneath the Tatun volcanic area: preliminary results of earthquake monitoring

Cheng-Horng Lin^{1, 2}

(Manuscript received 28 October 2004 ; accepted 7 December 2004)

ABSTRACT : Although it has been for a long time that there was no volcanic eruption in the Tatun area, the geothermal activities on the surface are still very strong. The possibility of re-eruption in the Tatun volcanic group is not only a scientifically interesting topic but also associated with safety in the whole Taipei area. In this study, micro-earthquakes in the Tatun volcanic area were detected by using a small-aperture seismic network consisting of five seismic stations. Most of the micro-earthquakes are located beneath the Chihsingshan and Tayiokeng areas at depths less than 10 km. Some earthquake swarms are also observed among those micro-earthquakes. Besides, some continuous tremors that can last several hours are simultaneously recorded at different stations. Although the possible source of generating those continuous tremors and swarm can not be identified from seismic data recorded so far, those features are very similar to the signatures produced by either the magma chamber or other geothermal activities at the active volcanic areas in the world. Therefore, further investigations will be done to improve the understanding of the mechanisms that generate the swarm and tremors in the Tatun volcanic area.

KEYWORDS : Tatun volcano group, seismic monitoring, magma chamber, seismicity, swarm, tremor

1. Institute of Earth Science, Academia Sinica
2. Corresponding author